

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sukun

Buah Sukun telah banyak diproses menjadi banyak bentuk pemanfaatan dalam industri pangan. Sukun sangat terkenal dalam kandungan nutrisi, ilmu pengobatan dan sifat menyembuhkan. Kegunaan dari *Artocarpus altilis* untuk pengobatan sangat berlimpah ruah namun masih terbatas. Buah sukun dapat dimasukkan dalam golongan buah yang berpotensi sebagai sumber karbohidrat. Buah sukun yang telah dimasak cukup bagus sebagai sumber vitamin A dan B kompleks. Kandungan mineral kalsium dan fosfor buah sukun lebih baik dari kentang dan sama dengan yang ada pada ubi jalar. (Mukesh, 2014)



Gambar 1. Sukun(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Flavonoid dan fenol pada buah sukun menunjukkan tingkat yang tinggi dari aktifitas biologis, dimana buah sukun memiliki khasiat antioksidan dan antimikrobia (Mukesh, 2014). Pada buah sukun walaupun terjadi penyerbukan pembuahannya mengalami kegagalan sehingga buah yang terbentuk tidak berbiji. Buah sukun mirip dengan buah keluwi (timbul). Perbedaannya adalah duri buah sukun tumpul, bahkan hampir tidak tampak pada permukaan buahnya. Selain itu, buah sukun tidak berbiji (partenokarpi). Sukun sangat potensial sebagai alternatif diversifikasi pangan dan ketahanan pangan karena selain kandungan gizi

yang cukup baik, keberadaannya dapat mengatasi kerawanan pangan. Buah sukun sebagai salah satu buah dengan kandungan karbohidrat tinggi memiliki banyak kelebihan, diantaranya memiliki kandungan fosfor yang tinggi di bandingkan dengan zat gizi lainnya. Dengan kandungan fosfor yang tinggi buah sukun dapat menjadi buah alternatif untuk meningkatkan gizi masyarakat, karena fosfor memiliki peran penting dalam pembentukan komponen sel yang esensial, berperan dalam pelepasan energi, karbohidrat dan lemak serta mempertahankan keseimbangan cairan tubuh. Sukun dijadikan sebagai bahan pangan alternatif karena ketersediaannya tidak bersamaan dengan pangan konvensional, artinya keberadaan pangan ini dapat menutupi kekosongan produksi pangan utama konvensional pada bulan Januari dan Februari dimana pada bulan-bulan tersebut terjadi paceklik padi (Maruhum dan Yulianti, 1991).

## **2.2 Pati Kulit Sukun**

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Tiap jenis pati mempunyai sifat yang tidak sama. Hal ini dipengaruhi oleh panjang rantai karbonnya serta perbandingan antara molekul yang lurus dan bercabang. Komponen penyusun pati ada tiga, yaitu: amilosa, amilopektin dan bahan antara (seperti protein dan lemak). Bahan antara tersebut biasanya terdapat dalam jumlah 5-10% dari berat total (Banks dan Greenwood, 1975). Berat molekul pati bervariasi tergantung pada kelarutan dan sumber patinya (Hart, 1990).

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi yang relatif larut dalam air disebut amilosa dan fraksi yang tidak larut air disebut amilopektin. Amilosa mempunyai struktur lurus dengan ikatan  $\alpha$ -(1,4)-glikosidik. Panjang rantai lurus tersebut berkisar antara 250- 2000 unit D-glukosa. Molekul amilosa tidak semua sama ukurannya, tergantung pada sumber pati dan tingkat

kematangannya. Berat molekul amilosa dipengaruhi oleh panjang rantai polimer, sedangkan panjang rantai polimer dipengaruhi oleh sumber pati (Fennema, 1976). Secara umum molekul amilosa dari umbi akar mempunyai rantai yang lebih panjang dan berat molekul yang lebih tinggi dibandingkan molekul amilosa yang berasal dari sereal. Kulit berwarna hijau muda hingga kuning kecoklatan. Permukaan kulit buah muda kasar dan menjadi halus setelah buah tua. Tebal kulit buah antara 1-2 mm (Lies, 2002). Warna kulit buah sukun dan keadaan getah dapat digunakan sebagai tanda kematangan buah sukun. Buah sukun yang masih muda (2-2,5 bulan) mempunyai kulit yang berwarna hijau dan getah putih belum keluar dari kulit, sedangkan buah sukun yang agak matang (2,5-3 bulan) kulitnya berwarna hijau kekuningan dan getah sudah mulai keluar dari kulit berupa noda-noda putih yang agak mengkilap. Warna kuning yang muncul terjadi karena pigmen (karotenoid) yang berwarna kuning (Pantastico, 1986). Buah sukun yang matang (3-3,5 bulan) tampak berwarna hijau kecoklatan dan getah sudah banyak yang keluar. Warna coklat yang tampak sebenarnya adalah getah putih yang telah berubah warna menjadi kecoklatan akibat proses oksidasi lingkungan.

Kulit buah sukun mengandung 39,56% pati hal ini menjadikan kulit buah sukun sebagai sumber pati yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi sirup glukosa. Persentase jumlah limbah kulit sukun sendiri sebesar 0,5-2% dari berat total sukun segar (Putri dkk., 2017). Kulit bagian dalam inilah yang digunakan untuk dijadikan gula cair. Limbah kulit sukun ini dapat menjadi alternatif lain sehingga produksi sukun tidak hanya difokuskan pada isinya saja sedangkan kulitnya hanya terbuang percuma (Aziz, dkk. 2014).

### 2.3 Hidrolisis Pati

Hidrolisis merupakan proses terjadinya reaksi antara senyawa kimia organik dan anorganik, dimana air memegang peranan penting dalam proses peruraian. Hidrolisis biasanya merupakan kebalikan dari reaksi netralisasi bagi senyawa-senyawa kimia anorganik, tetapi dalam kimia organik cakupannya lebih luas. Pemisahan oleh air yang disebut hidrolisis, merupakan reaksi yang khas antara suatu klorida asam dan suatu nukleofil. Hidrolisis yang banyak digunakan adalah hidrolisis dengan menggunakan asam atau enzim sebagai katalis (Fairus, 2010). Proses hidrolisis secara enzimatik memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan metode asam, yaitu proses pemutusan rantai polimer lebih spesifik sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan, kondisi prosesnya dapat dikontrol dan tidak ekstrim (seperti suhu sedang dan pH mendekati netral), tingkat konversi lebih tinggi, biaya pemurnian lebih murah, dihasilkan lebih sedikit abu dan produk samping serta kerusakan warna dapat diminimalkan (Robi'a, 2015). Proses produksi glukosa melalui hidrolisis enzimatik terdiri atas tahap likuifikasi dan tahap sakarifikasi (Fridayani, 2006). Proses likuifikasi merupakan proses pencairan gel pati dengan menggunakan enzim  $\alpha$ -amilase yang menghidrolisis pati menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana dari oligosakarida atau dekstrin (Maksum, 2001). Tahapan dalam proses hidrolisis pati menjadi glukosa (Robi'a, 2015) adalah sebagai berikut:

a. Pelarutan pati

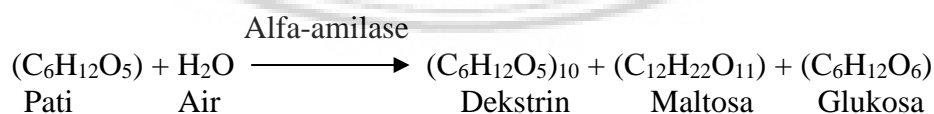
Melarutkan air dan pati sebagai substrat

b. Gelatinisasi

Gelatinisasi merupakan proses awalan sebelum likuifikasi. Gelatinisasi adalah proses pembengkakan granula pati akibat pemanasan yang memutus ikatan hidrogen pada ikatan glikosida pati. Pembengkakan granula tersebut bersifat *irreversible* atau tidak bisa lembali lagi ke bentuk semula. Likuifikasi yang dilakukan tanpa gelatinisasi terlebih dahulu akan membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan substrat yang telah mengalami gelatinisasi.

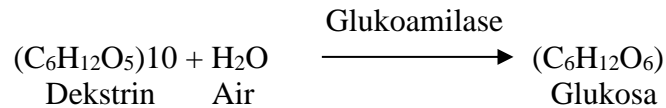
#### c. Likuifikasi

Likuifikasi merupakan proses pencairan gel pati untuk memperoleh viskositas yang lebih rendah dengan cara menghidrolisis pati menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana dari oligosakarida atau dekstrin melalui bantuan enzim alfa-amilase. Proses ini diawali dengan gelatinisasi pati atau pemanasan granula pati dengan air hingga mengembang dan rusak, sehingga pati dapat larut dengan ditandai dengan menurunnya viskositas larutan. Enzim alfa-amilase akan aktif terhadap substrat berbentuk gel. Oleh karena itu, proses likuifikasi yang dilakukan tanpa digelatinisasi terlebih dahulu memerlukan beberapa jam bila dibandingkan dengan adanya perlakuan gelatinisasi, proses likuifikasi membutuhkan kondisi pH 6-7 pada suhu antara 90-110°C.



#### d. Sakarifikasi

Dekstrin hasil likuifikasi akan dihidrolisis lebih lanjut oleh enzim glukoamilase maupun enzim campuran (glukoamilase dan pullunase) untuk dikonversi menjadi glukosa. Proses sakarifikasi dapat dilakukan pada temperatur 55-66°C, pH 4-4.5 selama 24-72 jam dan dilanjutkan proses pemurnian secara filtrasi atau sentrifugasi.



e. Penyaringan

Penyaringan bertujuan untuk memisahkan residu dari larutan sirup glukosa.

f. Penguapan

Mengurangi kadar air sirup glukosa agar sesuai dengan standar

Menurut Lehninger (1993) faktor yang mempengaruhi hidrolisis enzimatis adalah:

1. Substrat (reaktan)

Kecepatan reaksi enzimatis umumnya dipengaruhi kadar substrat. Penambahan kadar substrat sampai jumlah tertentu dengan jumlah enzim yang tetap, akan mempercepat reaksi enzimatis sampai mencapai maksimum.

2. Suhu

Kenaikan suhu sampai optimum akan diikuti pula oleh kenaikan kecepatan reaksi enzimatis. Kepekaan enzim terhadap suhu pada keadaan suhu melebihi optimum disebabkan terjadinya perubahan fisikokimia protein penyusun enzim.

3. pH

pH dapat mempengaruhi aktivitas enzim. Daya katalisis enzim menjadi rendah pada pH rendah maupun tinggi, karena terjadinya denaturasi protein enzim. Enzim mempunyai gugus aktif yang bermuatan positif (+) dan negatif (-). Aktivitas enzim akan optimum kalau terdapat keseimbangan antara kedua muatannya.

4. Aktivator (penggiat) atau kofaktor

Aktivator atau kofaktor adalah suatu zat yang dapat mengaktifkan enzim yang semula belum aktif. Enzim yang belum aktif disebut pre-enzim atau zymogen

(simogen). Kofaktor dapat berbentuk ion-ion dari unsur hidrogen, cuprum, magnesium, atau berupa koenzim, vitamin, dan enzim lain.

#### 5. Penginduksi (induktor)

Suatu substrat yang dapat merangsang pembentukan enzim.

#### 2.3.1 Enzim Alfa-amilase

Enzim adalah biomolekul berupa protein yang berfungsi sebagai katalis (senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi) dalam suatu reaksi kimia organik.. Enzim bekerja dengan cara bereaksi dengan molekul substrat untuk menghasilkan senyawa intermediet melalui suatu reaksi kimia organik yang membutuhkan energi aktivasi lebih rendah, sehingga percepat reaksi kimia terjadi karena reaksi kimia dengan energi aktivasi lebih tinggi membutuhkan waktu lebih lama (Lehninger, 1993)

Enzim  $\alpha$  amilase merupakan enzim yang menghidrolisis secara khas melalui bagian dalam (*endo-hydrolase*) dengan memproduksi oligosakarida dari konfigurasi alfa yang memutus ikatan  $\alpha$ -(1,4) glikosidik pada amilosa, amilopektin dan glikogen. Ikatan  $\alpha$ -(1,6) glikosidik tidak dapat diputus oleh  $\alpha$ -amilase, tetapi dapat dibuat menjadi cabang-cabang yang lebih pendek. Pemutusan pati oleh  $\alpha$ -amilase dilakukan secara acak. Enzim alfa-amilase bekerja optimal pada pH 5,5-6 suhu 95°C dengan waktu proses 60 menit (Tjokroadikoesoemo, 1986). Perbedaan konsentrasi enzim  $\alpha$ -amilase berpengaruh nyata terhadap kadar glukosa sirup glukosa kulit sukun menunjukkan kandungan glukosa tertinggi diperoleh pada sirup glukosa dengan penambahan enzim  $\alpha$ -amilase sebanyak 0,3% yaitu sebesar 8,24%. Aktivitas enzim  $\alpha$ -amilase ditentukan dengan mengukur penurunan kadar pati yang larut dengan menggunakan substrat jenuh. Kejenuhan pati berpengaruh terhadap

laju reaksi enzimatis. Apabila larutan pati terlalu jenuh maka enzim sulit terdifusi ke dalam larutan sehingga kerja enzim akan terhambat (Winarno, 2004).

### 2.3.2 Enzim Glukoamilase

Glukoamilase dikenal juga dengan amiloglukosidase (AMG) atau  $\alpha$ -1,4-D-glukan glukohidrolase bersifat eksoamilase, yaitu dapat memutus rantai pati menjadi molekul-molekul glukosa pada bagian tak mereduksi baik pada ikatan  $\alpha$ -1,4 maupun  $\alpha$ -1,6. Glukoamilase terutama memutuskan rantai molekul maltosa menjadi molekul-molekul glukosa bebas. Glukoamilase bekerja optimal pada pH 4-5 pada suhu 55°C selama 24 jam (Tjokroadikoesoemo, 1986). Glukoamilase memecah di-, oligo-, dan poli-sakarida pada ikatan  $\alpha$ -1,4, sedangkan pada ikatan  $\alpha$ -1,6 glukoamilase bekerja secara lambat (Reilly, 1985). Perbandingan laju hidrolisis glukoamilase pada ikatan  $\alpha$ -1,4,  $\alpha$ -1,6 dan  $\alpha$ -1,3 pada tetrasakarida yaitu 300 : 6 : 1 (Chaplin dan Buckle, 1990).

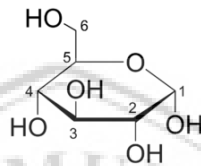
Kecepatan hidrolisis dipengaruhi oleh struktur dan ukuran molekul substrat, serta jenis ikatan di dalam rantai. Kecepatan hidrolisis ikatan  $\alpha$ -(1,4) meningkat dengan meningkatnya berat molekul substrat. Glukoamilase yang umum digunakan pada tahap sakarifikasi berasal dari *Aspergillus niger*. Menurut Reilly (1985), glukoamilase yang berasal dari *Aspergillus niger* dapat menghidrolisis dekstrin dengan konsentrasi substrat 30 – 40% (b/b) pada kondisi standar pH 4 – 4,5 dan suhu 60°C diinkubasi selama 24 – 72 jam.

### 2.4 Sirup Glukosa

Sirup glukosa merupakan cairan jernih dan kental dengan komponen utamanya glukosa, diperoleh dari hidrolisis pati secara asam atau enzim. Pada pembuatan gula glukosa secara enzimatis ada dua tahap, yaitu tahap likuifikasi dan tahap sakarifikasi. Sirup glukosa adalah cairan kental dan jernih dengan komponen



utama glukosa yang diperoleh dari hidrolisis pati dengan cara kimia atau enzimatik. yang akan mempertahankan viskositas tetap tinggi (Jackson, 1995). Sirup glukosa juga dapat dihasilkan melalui hidrolisis polisakarida atau disakarida baik dengan asam, enzim, atau gabungan keduanya. Sirup glukosa merupakan larutan dengan kekentalan antara 32-35 brix yang dihasilkan melalui hidrolisis dengan katalis asam, enzim atau gabungan keduanya.



Gambar 2. Rumus Struktur Glukosa (Hidayat, 2006)

Zat pati yang dapat dihidrolisis berasal dari bahan yang mengandung pati seperti jagung, gandum, ubi kayu, dan sebagainya (Azwar dan Erwanti, 2008). Sirup glukosa mempunyai tingkat kemanisan yang lebih rendah dibandingkan dengan gula pasir, tetapi stabil pada suhu tinggi, resisten terhadap kristalisasi dan tidak mudah mengalami kecoklatan saat pemanasan (Desrosier, 2008). Sirup glukosa juga dapat digunakan sebagai pemanis bersama dengan sukrosa. Perbandingan jumlah sirup glukosa dan sukrosa yang dipergunakan dalam pembuatan permen sangat menentukan tekstur yang terbentuk (Herschdoefler, 1972).

Menurut Jackson (1995), sirup glukosa memiliki sifat berikut:

- a. Kemanisan sirup glukosa jika dirasa pada larutan yang diencerkan dengan air sedikit lebih rendah dibandingkan sukrosa pada konsentrasi yang sama
- b. Viskositas dari sirup glukosa sangat penting dalam pembuatan aneka produk kembang gula karena pengaruhnya dalam massa gula selama proses, penghilangan air, penyimpanan, dan daya tahan. Viskositas yang tinggi

menyebabkan migrasi molekul sukrosa lambat dalam menghambat *graining* (pengkristalan kembali sukrosa) yang diberi sirup glukosa dan gum memberikan ketahanan terhadap aliran udara dingin, dan perubahan bentuk selama pemotongan, pengemasan dan penyimpanan.

Tabel 1. Standar Mutu Sirup Glukosa

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
	1.1 Bau		Tidak berbau
	1.2 Rasa		Manis
	1.3 Warna		Tidak bewarna
2.	Air (%b/b)		Max 20
3.	Abu (%b/b)		Max 1
4.	Gula pereduksi dihitung sebagai D-Glukosa (%b/b)		Min 30
5.	Pati		Tidak ada
6.	Cemaran Logam:		
	6.1 Timbal (ppm)		Max 1
	6.2 Tembaga (ppm)		Max 10
	6.3 Seng (ppm)		Max 25
7.	Arsen (ppm)		Max 0,5
8.	Cemaran mikroba:		
	8.1 Angka lempeng total	Koloni/g	Max $5 \times 10^2$
	8.2 Bakteri coliform	APM/g	Max 20
	8.3 <i>E.coli</i>	APM/g	Kurang dari 3
		*APM: Angka Paling Mungkin	Max 50
	8.4 Kapang	Koloni/g	Max 50
	8.5 Khamir	Koloni/g	

Sumber: SNI 01-2978-1992

Pencegahan *graining*, semua sirup glukosa berfungsi untuk mengontrol kristalisasi sukrosa didalam *high boiled sweet*. Pada dasarnya larutan sukrosa dengan kejenuhan yang tinggi akan mengakibatkan rekristalisasi selama produksi dan selama penyimpanan. Untuk mencegah ini ditambahkan inhibitor seperti sirup glukosa. Sebab kadar air yang rendah sekali dan viskositas tinggi yang dihasilkan, maka *graining* (pengkristalan kembali sukrosa) akan berlangsung sangat lambat dibawah kondisi penyimpanan yang ideal.

Pada permen, sirup glukosa berfungsi memperlunak hasil atau hasilnya halus sehingga permen yang dihasilkan tidak terlalu keras, selain itu juga berfungsi mencegah pengkristalan sukrosa. Penggunaan sirup glukosa dalam pembuatan permen adalah seimbang dengan jumlah gula yang dipergunakan. Penambahan sirup glukosa dalam kadar tinggi akan meyerap dan mengikat air sehingga mikroba tidak bebas menggunakan air untuk tumbuh pada produk yang ditumbuhi (Minarni, 1996).

### 2.5 *Hard Candy*

Permen merupakan produk pangan yang banyak digemari. Salah satu jenis permen yang banyak beredar saat ini adalah *hard candy*. *Hard candy* merupakan salah satu permen non kristalin yang dimasak dengan suhu tinggi (140-150°C) yang memiliki tekstur keras, penampakan mengkilat dan bening. Bahan utama dalam pembuatan permen jenis ini adalah sukrosa, air, sirup glukosa atau gula inversi. Sedangkan bahan-bahan lainnya adalah flavor, pewarna, dan zat pengasam (Amos dan Purwanto 2002). Produksi *high boiled sweet* dapat dilakukan dengan tiga metode utama yaitu *open pan*, *vacuum cooker* dan *continues cooker*. Setiap metode mempunyai perbedaan dalam hal perbandingan sukrosa dan sirup glukosa yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimum dan mencegah kristalisasi sukrosa (Dziedzic, 1984).

Tabel 2. Syarat Mutu *Hard Candy*

Nomor	Kriteria Uji	Satuan	<i>Hard Candy</i>
1.	Keadaan		
	- Bentuk		Normal
	- Rasa		Normal
	- Bau		Normal
2.	Air	% (b/b)	Max. 3,5
3.	Abu	% (b/b)	Max. 2,0
4.	Gula reduksi	% (b/b)	Max. 22
5.	Bahan tambahan		
	5.1 Pemanis buatan		Negatif

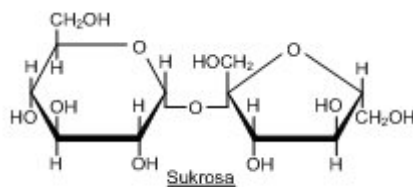
	5.2 Pewarna buatan		Negatif
6.	Cemaran Logam		
	6.1 Timbal	mg/kg	Max. $5 \times 10^2$
	6.2 Tembaga (Cu)	mg/kg	Max. 10,0
	6.3 Seng (Zn)	mg/kg	Max. 10,0
	6.4 Timah (Sn)	mg/kg	Max. 40,0
	6.5 Raksa (Hg)	mg/kg	Max. 0,03
7.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Max. 1,0
8.	Cemaran Mikroba		
	8.1 Angka lempeng total	Koloni/gr	Max. $5 \times 10^2$
	8.2 Bakteri koliform	APM/gr	Max. 20
	8.3 <i>E.coli</i>	APM/gr	<3
	8.4 <i>Salmonellata</i>	Negatif	Negatif
	8.5 <i>Staphylococcus aureus</i>	Koloni/gr	Max. $10^2$
	8.6 Kapang dan khamir	Koloni/gr	Max. $10^2$

Sumber: SNI 01-3547-1994

Menurut Jackson (1995) dua masalah yang dapat terjadi pada *hard candy* adalah *stickiness* dan *graining*. *Stickiness* terjadi karena meningkatnya kadar air pada permen sehingga permen bersifat higroskopis. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan sukrosa dan sirup glukosa. Rasio antara sirup glukosa dan sukrosa perlu disesuaikan, karena kesalahan rasio antara sukrosa dan sirup glukosa dapat menyebabkan *graining* (mengkristal). Suhu yang digunakan untuk membuat permen agar kadar air mencapai kira-kira 3% adalah 150°C. Teknik membuat permen dengan daya tahan yang memuaskan terletak pada pembuatan produk dengan kadar air minimum sehingga kecil kemungkinan kecenderungan untuk mengkristal (Buckle dkk., 1987).

Sukrosa merupakan polimer dari molekul glukosa dan fruktosa melalui ikatan glikosidik yang mempunyai peranan yang penting dalam pengolahan makanan. Oligosakarida ini banyak terdapat pada tebu, bit, siwalan dan kelapa kopyor. Biasanya gula ini digunakan dalam bentuk kristal halus atau kasar (Winarno, 2008). Buckle dkk (1987) dalam Budiana (2002) menyatakan bahwa penggunaan sukrosa dalam pembuatan *hard candy* umumnya sebanyak 50-70% dari berat total. Hasil

penelitian Wahyuni (1998) menunjukkan bahwa peningkatan kadar sukrosa akan meningkatkan kekentalannya.



Gambar 3. Struktur Molekul Sukrosa (Sastrohamijojo, 2005)

Sukrosa dapat digunakan dalam pembuatan *hard candy* dalam bentuk granular atau gula cair. Agar dihasilkan permen dengan kejernihan yang baik atau penampakan mirip air, dibutuhkan gula dengan tingkat kemurnian yang tinggi dan rendah kandungan abunya. Kandungan abu yang tinggi menyebabkan peningkatan inversi, pewarnaan dan pembusaan selama pemasakan sehingga memperbanyak gelembung udara yang terperangkap dalam massa gula (Wahyuni, 1998). Penggunaan sukrosa memiliki peranan penting dalam teknologi pangan karena fungsinya yang beraneka ragam, yaitu sebagai pemanis, pembentuk tekstur, pengawet, pembentuk cita rasa, sebagai substrat bagi mikroba dalam proses fermentasi, bahan pengisi dan pelarut (Nicol, 1979). Sukrosa apabila dipanaskan akan terbentuk gula *invert* (gula pereduksi) yakni glukosa dan fruktosa. Semakin tinggi suhu pemanasan sukrosa dalam air, maka semakin tinggi pula persentase gula *invert* yang dapat dibentuk. Gula *invert* dengan jumlah yang terlalu banyak mengakibatkan terjadinya *extra heating* sehingga dapat merusak *flavor* dan warna. Selain itu, gula *invert* yang berlebihan mengakibatkan permen lengket atau bahkan produk tidak dapat mengeras (Lawrence, 1991). Gaman dan Sherrington (1992) menyatakan, glukosa dan fruktosa merupakan agen pereduksi (gula reduksi), yaitu menjadi bahan pembawa atau menyebabkan terjadinya proses reduksi atau

pengambilan oksigen. Gula invert dalam *hard candy* berfungsi untuk mencegah kristalisasi, karena memiliki tingkat kelarutan yang tinggi.

Keberhasilan pembuatan permen ditentukan oleh kemampuan untuk mencegah terjadinya kristalisasi sukrosa kembali, meskipun sudah dalam keadaan lewat jenuh (*supersaturated*). Terbentuknya kristalisasi karena sukrosa yang tidak larut pada saat dipanaskan, sehingga terbentuk kristal-kristal gula. Permen yang menggunakan sukrosa murni mudah mengalami kristalisasi, oleh karena itu perlu digunakan bahan lain untuk menghambat kristalisasi, misalnya sirup glukosa.

Menurut Halimah (1997) mekanisme kristalisasi pada *hard candy* adalah adanya fase jenuh. *Hard candy* adalah tahapan proses yang harus mencapai kondisi yang sangat jenuh (*supersaturated*) yang diperoleh dengan memasak larutan sirup gula (biasanya gabungan gula, sirup glukosa dan air) pada suhu yang tinggi sehingga menghasilkan kadar air yang sangat rendah. Kondisi yang dicapai tersebut dengan sendirinya menghasilkan suatu larutan yang sangat jenuh. Larutan yang sangat jenuh ini akan mengalami pengkristalan dibantu dengan adanya proses pendinginan pada saat pembuatan permen. Keadaan *supersaturated* adalah kondisi dimana pelarut mengandung zat terlarut melebihi kemampuan pelarut tersebut untuk melarutkan zat terlarut pada suhu yang tetap. Solubilitas padatan dalam cairan akan menurun seiring dengan penurunan suhu sehingga saturasi akan meningkat hingga tercapai kondisi supersaturasi.

Hasil penelitian Wahyuni (1998) menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pembuatan *hard candy* maka kekerasannya semakin tinggi dan kadar air semakin rendah. Fungsi utama dari sirup glukosa dalam pembuatan *hard candy* adalah untuk mengontrol kristalisasi gula. Glukosa merupakan monosakarida yang memiliki sifat sulit mengkristal sehingga dapat mengontrol

kristalisasi gula. Selain itu glukosa juga dapat menambah kepadatan dan mengatur tingkat kemanisan *hard candy* (Alikonis, 1979). Penyimpanan pada suhu dan RH yang tinggi juga dapat menimbulkan masalah kelengketan dan *graining* karena permen menyerap air, sehingga RH penyimpanan harus dijaga agar tidak lebih dari 45%. *Hard candy* diharapkan tidak lengket atau tidak mengkristal ketika diterima oleh konsumen, maka ketepatan formula dan pengontrolan proses sangat penting.

Formulasi ini sangat penting untuk menghasilkan permen yang disukai dan tidak mengalami kristalisasi. Kristalisasi dalam produk permen berakibat mengurangi penampilan yang jernih seperti kaca dan membentuk masa yang kabur. Kekurangan ini mengakibatkan penampakan kurang memuaskan dan terasa kasar pada lidah. Kristalisasi akan terjadi secara spontan tetapi dapat dicegah dengan menggunakan bahan-bahan termasuk sirup glukosa dan gula invert yang tidak mengkristal tetapi sangat menghambat terjadinya kristalisasi pada permen. Bahan tersebut dapat ditambahkan sebagai bagian dari adonan permen untuk memperbaiki tekstur dan penampakan permen (Buckle dkk., 1985)